

⑩ 日本国特許庁(JP)

⑪ 特許出願公開

⑫ 公開特許公報(A) 昭60-156023

⑬ Int.Cl.<sup>4</sup>

識別記号

庁内整理番号

⑭ 公開 昭和60年(1985)8月16日

G 02 B 6/42

7529-2H

審査請求 未請求 発明の数 1 (全6頁)

⑮ 発明の名称 発光素子と光ファイバとの光結合装置

⑯ 特 願 昭58-246605

⑰ 出 願 昭58(1983)12月29日

⑱ 発 明 者 平 野 正 夫 京都市右京区花園土堂町190番地 立石電機株式会社内  
⑱ 発 明 者 高 岡 元 章 京都市右京区花園土堂町190番地 立石電機株式会社内  
⑱ 発 明 者 小 川 裕 士 京都市右京区花園土堂町190番地 立石電機株式会社内  
⑲ 出 願 人 立石電機株式会社 京都市右京区花園土堂町10番地  
⑲ 代 理 人 弁理士 牛久 健司

明 細 書 (I)

1. 発明の名称

発光素子と光ファイバとの光結合装置

2. 特許請求の範囲

(1) 中心部のコア、コアの外周を覆うクラッド

層、およびクラッド層の外周を覆う1次被覆

層を含む被覆層からなる光ファイバにおいて

その先端部の被覆層が除去されており、

この光ファイバ先端部と発光素子とが対向

配置されかつこれらの間に光結合用光導波路

が設けられ、

光ファイバの先端部および光結合用光導波

路の全周面がクラッド・モード除去用樹脂で

被覆されており、

光ファイバの1次被覆層の屈折率 $n_3$ 、光結

合用光導波路の屈折率 $n_4$ およびクラッド・

モード除去用樹脂被覆の屈折率 $n_5$ の間に、

$n_4 > n_5$  および  $n_3 \leq n_5$  の関係が成立する、

発光素子と光ファイバとの光結合装置。

(2) 光ファイバのコアの屈折率 $n_1$ 、光結合用光

導波路の屈折率 $n_4$ および発光素子の屈折率 $n_6$

の間に、 $n_1 < n_4 < n_6$  の関係が成立する、特

許請求の範囲第(1)項に記載の発光素子と光フ

ァイバとの光結合装置。

(3) 光ファイバと発光素子とを固定する枠体内

にクラッド・モード除去用樹脂が充填されて

いる、特許請求の範囲第(1)項に記載の発光素

子と光ファイバとの光結合装置。

(4) 光結合用光導波路が、その縦断面形状にお

いて中央部が最も細くなるように輪部が弧状

に形成されている、特許請求の範囲第(1)項に

記載の発光素子と光ファイバとの光結合装置。

(5) 光結合用光導波路の径が、発光素子と光ファイバとの間で一方から他方に向って漸次大きくなるように形成されている、特許請求の範囲第(1)項に記載の発光素子と光ファイバとの光結合装置。

### 3. 発明の詳細な説明

#### 発明の背景

この発明は、発光素子と光ファイバとの光結合装置に関し、とくに光ファイバの1次被覆層(プライマリ・コーティング)の屈折率がクラッド層の屈折率よりも小さい光ファイバの使用にさいして好適な光結合装置に関する。

発光素子からの光を光ファイバに入射させる光結合装置における最大の課題は、発光素子の光をいかに多く光ファイバに入射させるかということであり、従来から種々の工夫が行なわれ

るだけ多くの光を光ファイバに入射させることを唯一の課題としており、光ファイバに入射した光がどのようなモードで伝播するかという点は全く考慮されなかった。ステップ・インデックス型光ファイバは、よく知られているように、中心部のコアとその周囲を覆うクラッド層とからなる素線の周囲が1次被覆層で覆われ、さらにその外周に2次被覆層が設けられている。コアの屈折率 $n_1$ はクラッド層の屈折率 $n_2$ よりも当然に大きく、このために光はコアとクラッド層との界面で全反射してコア内を伝播する(通常モード)。1次被覆層の屈折率 $n_3$ は光ファイバによつて異なり、クラッド層の屈折率 $n_2$ よりも大きいものもあれば、小さいものもある。1次被覆層の屈折率 $n_3$ がクラッド層の屈折率 $n_2$ よりも小さい光ファイバにおいては、上述の通

てきた。従来の光結合装置の1つに、光結合させるべき発光素子と光ファイバとの間に光収束型レンズを設けるか、または発光素子もしくは光ファイバにレンズ効果をもたせるものがある。これらの光結合装置はいずれも、発光素子と光ファイバとを空間において対向させているために、両者間に空気が介在しフレネル損失が大きくなり、充分な結合効率が得られないという問題があつた。そこで、発光素子と光ファイバとを対向配置し、これらの間に透明な樹脂を充填し、光結合と機械的固定とを同時に達成しようという試みがある。しかしながら、この光結合装置では発光素子から放射した光が拡散し、一部の光が光ファイバに導かれず損失となるので、結合効率がなおも不充分である。

従来の光結合の考え方は、上述のようにでき

常モードに加えて、クラッド層と1次被覆層との界面で全反射することにより光が伝播するいわゆるクラッド・モードが発生する。このクラッド・モードの存在は光ファイバのみかけ上の開口数を異常に大きくし、みかけ上の光結合効率を異常に高める。このことは多成分系ガラスファイバにおいてとくに顕著である。

たとえば、コアの屈折率 $n_1$ が1.614、クラッド層の屈折率 $n_2$ が1.518の光ファイバにおいては開口数は約0.55である。このような光ファイバの1次被覆層の屈折率 $n_3$ が1.41であるとみかけ上の開口数は0.69にもなり、約35%の光がクラッド・モードとして伝播することになる。光結合部において光ファイバの素線が空気に接していると、さらに大きなクラッド・モードを生む。

このようなクラッド・モードで伝播する光は、

光ファイバの途中をコネクタ結合した場合にコネクタ結合効率の著しい低下という現象を引き起こし、実用上はきわめて大きな問題となっている。たとえば、光ファイバの接続部分の被覆を除去し、接続すべき素線を対向させた状態でこれらをフェルールに接着剤で固定した場合に、接着剤はクラッド層の周囲に塗布される。接着剤が高屈折率のものである場合にはクラッド・モードの光は全反射しなくなり、光の漏洩が起こる。この漏洩量はエポキシ接着剤で一般に1dB以上である。たとえば発光素子と光ファイバとの結合部分でみかけ上大量の光が光ファイバに入射して伝播していったとしても、このようにコネクタ部分で大巾な光の損失があると、しかも損失の有無、損失量が使用する光ファイバによつて異なっているから、実際の設

計、実装が非常にやりにくい。クラッド・モードの存在に起因する損失は、光ファイバを切断して加工したときに生じるものであるから、早期せめ切断、加工において発生したり、いかに遠方においてもたとえば発光素子から100mも離れた位置においても発生し、その対処が困難である。しかも、クラッド・モードは高次モードを含みやすく実用上の性能に大きく影響するという問題もある。そこで、光結合効率を高めることも重要であるが、発光素子と光ファイバとの結合位置においてクラッド・モードの発生をあらかじめ除去しておくことも実用上はきわめて大きな課題である。このことは、グレーテッド・インデックス形光ファイバにおいても同様である。

#### 発 明 の 概 要

この発明は、クラッド・モードを生じない安定な光結合を可能としかつ実質的な結合効率を高めることのできる発光素子と光ファイバとの光結合装置を提供するものである。

この発明による発光素子と光ファイバとの光結合装置は、中心部のコア、コアの外周を覆うクラッド層、およびクラッド層の外周を覆う1次被覆層を含む被覆層からなる光ファイバにおいてその先端部の被覆層が除去されており、この光ファイバ先端部と発光素子とが対向配置されかつこれらの間に光結合用光導波路が設けられ、光ファイバの先端部および光結合用光導波路の全周囲がクラッド・モード除去用樹脂で被覆されており、光ファイバの1次被覆層の屈折率 $n_3$ 、光結合用光導波路の屈折率 $n_4$ およびクラッド・モード除去用樹脂被覆の屈折率 $n_5$ の

間に、 $n_4 > n_5$ および $n_3 \leq n_5$ の関係が成立することを特徴とする。

クラッド・モード除去用樹脂被覆の存在により、クラッド・モードとなるべき光が光結合部においてあらかじめ除去され、光ファイバ内を伝播する光は上述の通常モードのみとなる。したがって光ファイバを途中で切断、加工してもその部分で従来のように著しい損失が生じることがなく、設計、実装が容易となる。また、光結合用光導波路が存在するので、従来のようなフレネル損失、散乱損失が減少し、発光素子からの光は高結合効率で光ファイバに入力する。この発明は、1次被覆層の屈折率がクラッド層の屈折率よりも小さい光ファイバに有効である。

この発明はステップ・インデックス形光ファイバのみならずグレーテッド・インデックス形

光ファイバにも適用可能である。グレーデッド・インデックス形光ファイバにおいては素線における周辺部の屈折率の小さい部分をクラッド層と考えればよい。

#### 実施例の説明

第1図において、発光素子(チップ)(6)はステム00上に固定されており、発光素子(6)の中央部が発光面(6a)となっている。発光素子(6)には端子01がワイヤボンディング02によつて接続されている。端子01は絶縁体03を介してステム00に固定されている。ステム00には枠体(ケース)03が被せられており、この枠体03の上端が開口している。

発光素子(6)に接続すべき光ファイバ(8)は、枠体03の上端開口から枠体03内に挿入されており、枠体03内に位置する先端部において1次被覆層

(3)と2次被覆層(7)とが除去されてクラッド層(2)が露出している。クラッド層(2)とその内部のコア(1)とからなる露出された素線の先端面は平坦にカットされ、発光素子(6)の発光面(6a)と適当な間隔をおいて対面するように配置されている。

光結合用光導波路(4)は、たとえば透明な光硬化性樹脂から構成され、光ファイバ(8)の素線の先端面と発光素子(6)の発光面(6a)を含む面との間にこれらをつなぐように設けられている。光導波路(4)は鼓状に形成され、その中央部において径が最も細くなっている。透明なクラッド・モード除去用樹脂(5)が枠体03内に充填されており、発光素子(6)、光導波路(4)、光ファイバ(8)の露出した素線および被覆層(3)(7)の一部がこの樹脂(5)内に埋込まれた形になっている。

光ファイバ(8)のコア(1)、クラッド層(2)および

1次被覆層(3)の屈折率をそれぞれ $n_1$ 、 $n_2$ および $n_3$ とする。光導波路(4)の屈折率を $n_4$ 、クラッド・モード除去用樹脂(5)の屈折率を $n_5$ 、発光素子(6)の屈折率を $n_6$ とする。これらの屈折率は、 $n_3 \leq n_5$ かつ $n_4 > n_5$ となるように選択されている。 $n_5$ はできるだけ $n_3$ に近い値であることが好ましい。また $n_6 > n_4 > n_1$ であることが望ましい。当然 $n_1 > n_2$ である。

以上の構成によると、発光素子(6)から放射された光は、その放射角がたとえ光ファイバ(8)の開口角よりもやや大きなものでも、光導波路(4)によつて光ファイバ(8)の開口角以内で伝播されるので結合効率が高まる。また、樹脂(5)の存在により、光ファイバ(8)に入射したときにクラッド・モードとして伝播するような放射角の光は光導波路(4)および光ファイバ(1)の素線の部分を

伝播することなく樹脂(5)内に漏れるので、光ファイバ(8)内でクラッド・モードが発生することが防止される。

光導波路(4)は、第2図に示すように、光ファイバ(8)の素線先端から発光素子(6)に向つて径が<sup>な形</sup>増大するように状でもよい。第2図において、他の構成は第1図に示すものと同じである。

光結合用光導波路(4)の形成方法の一例について第3図を参照して説明しておく。

まず光ファイバ(8)の先端部の1次被覆層(3)と2次被覆層(7)とを除去し、素線を取り出す。そして、素線の先端を研磨装置またはダイヤモンドカッターによつて平坦にカットして先端面を形成する(第3図(a)参照)。

続いて、この光ファイバ(8)の先端部を三次方向に移動自在な治具に素線先端面が常に水平を

保つように保持し、素線先端面に流動性の樹脂(4)を微量塗着させる。樹脂(4)は微量であるので表面張力によつて半球状になる。この樹脂(4)の付着量は、半球状の半径と光ファイバ(8)のクラッド(2)の半径とが一致する量が望ましい(第3図(b)参照)。

樹脂(4)が付着した光ファイバ(8)の先端面を発光素子(6)の発光面と対向させ、光ファイバ(8)を発光素子(6)の方向に近接移動させて樹脂(4)を発光素子(6)に接触させる。樹脂(4)を発光素子(6)のほぼ全表面にわたつて接触させ、かつコア(1)と発光素子(6)との距離を調節すると、光ファイバ(8)から発光素子(6)に向かつて暫時広がるテーパ状の光導波路(4)が形成できる(第3図(c)参照)。

この状態から光ファイバ(8)を上方に引き上げていくと、光導波路(4)の中央部が細くなつてい

く(第3図(d)参照)。

光導波路(4)が所望の形状になったときに樹脂(4)を硬化させればよい。樹脂(4)として光硬化性樹脂を用いれば容易にかつ短時間で硬化するので好都合である。

なお、棒体(3)として透明材料を用いれば、クラッド・モード除去用樹脂(5)としても光硬化性樹脂を採用することができる。

発光素子の例としては、発光ダイオードの他、半導体レーザ、発光受光兼用素子等を挙げることができる。光結合用光導波路として上述のような特別なものを用いずに、単に光ファイバ先端面を発光素子に接触させるようにしてもよい。この場合には光ファイバ先端部の一部が光結合用光導波路になるだろう。

#### 4. 図面の簡単な説明

第1図はこの発明の実施例を示す断面図、第2図は変形例を示す断面図、第3図は光結合用光導波路を形成する工程を示す断面図である。

(1)・・・コア、(2)・・・クラッド層、(3)・・・1次被覆層、(4)・・・光結合用光導波路、(5)・・・クラッド・モード除去用樹脂、(6)・・・発光素子、(6a)・・・発光面、(8)・・・光ファイバ。

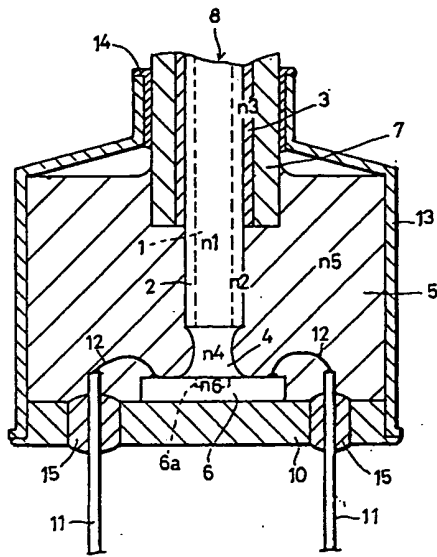
以 上

特 許 出 願 人 立石電機株式会社

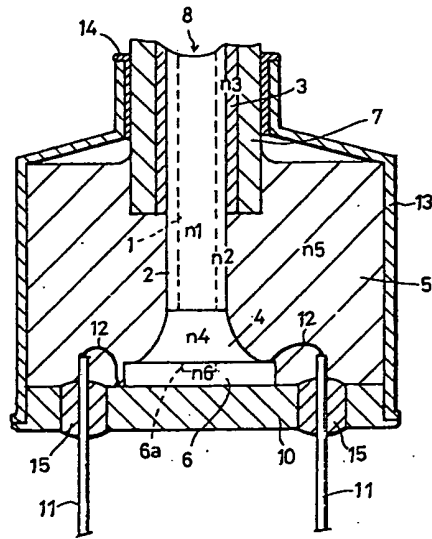
代 理 人 岸 本 瑛 之

外 4 名

第1図



第2図



第3図

